



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑩ DE 198 10 509 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
B 23 K 20/10  
G 01 N 29/04  
G 01 N 29/18

②1 Aktenzeichen: 198 10 509.6  
②2 Anmeldetag: 11. 3. 98  
④3 Offenlegungstag: 16. 9. 99

AG  
DE 198 10 509 A 1

⑦1 Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
RACKETTE Partnerschaft Patentanwälte, 79098  
Freiburg

⑦2 Erfinder:  
Dobmann, Gerd, Dr., 66125 Saarbrücken, DE; Paul,  
Michael, 66538 Neunkirchen, DE; Eifler, Dietmar,  
Prof. Dr.-Ing., 76764 Rheinzabern, DE; Faßbender,  
geb. Pangratz, Silvia, Dr., 66123 Saarbrücken, DE

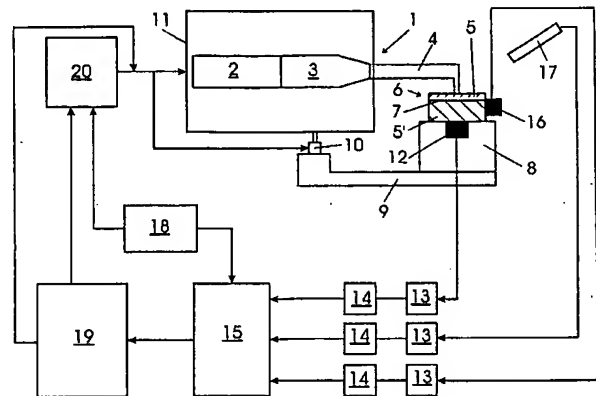
⑥6 Entgegenhaltungen:  
DE 42 06 584 C2  
DE 44 00 210 A1  
DE 43 25 878 A1  
DE 43 25 851 A1  
EP 05 72 059 A1  
  
DE-Z.: Schweißen und Schneiden 45 (1993) H.4,  
S.198-202;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zum Schweißen mit Ultraschall

⑤7 Bei einer Vorrichtung zum Schweißen mit Ultraschall mit einer über einen Ultraschallgenerator (2) sowie eine Sonotrode (4) verfügenden Fügeeinrichtung (1) sind eine Ultraschalldetektionseinheit (12, 13, 14), ein Meßdatenspeicher (15) zum Erfassen des zeitlichen Verlaufes des Anteils der detektierten Ultraschallwellen nach Wechselwirkung mit einer Fügenschicht (7) zwischen miteinander zu verbindenden Teilen (5, 5') eines Schweißgutes (6) und eine Auswerteeinheit (19) vorgesehen. Mit der Auswerteeinheit (19) und einer nachgeordneten Stelleinheit (20) ist der Schweißprozeß mittels aus den detektierten Ultraschallwellen abgeleiteten Kenngrößen in Echtzeit kontrollierbar.



DE 198 10 509 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Schweißen mit Ultraschall mit einer Fügeeinrichtung, die über einen Ultraschallgenerator und eine an den Ultraschallgenerator angeschlossene Sonotrode verfügt, mit der unter Einwirkung einer durch einen Kraftkoppler erzeugte Anpreßkraft zum Herbeiführen eines unmittelbaren Stoffschlusses zwischen zu verbindenden Teilen eines Schweißgutes in wenigstens einer Fügenschicht Ultraschallwellen mit einstellbaren Schweißparametern in eines der Teile einkoppelbar sind.

Eine derartige Vorrichtung ist aus dem Artikel "Ultraschallschweißen von Glas und Glaskeramik mit Metall" von M. Reuter und E. Roeder, erschienen in Schweißen und Schneiden 45 (1993), Heft 4, Seiten 198 bis 202, bekannt. Bei der gattungsgemäßen Vorrichtung weist eine Fügeeinrichtung einen Ultraschallgenerator und eine an den Ultraschallgenerator angeschlossene Sonotrode auf. Mit der Sonotrode sind unter Einwirkung einer durch einen Kraftkoppler erzeugten Anpreßkraft Ultraschallwellen mit einstellbaren Schweißparametern in eines von beispielsweise zwei zu verbindenden Teilen eines Schweißgutes einkoppelbar. Durch die Wirkung der Ultraschallwellen werden die Teile des Schweißgutes unter Herbeiführen eines unmittelbaren Stoffschlusses miteinander verbunden. Dabei wird für jeden Schweißprozeß der günstigste Einstellbereich von Schweißparametern wie Anpreßkraft, Amplitude der Ultraschallwellen und Schweißzeit nach Vornahme einer Vielzahl von aufwendigen Schweißversuchen ermittelt. Mit dieser Vorrichtung werden zwar zufriedenstellende Schweißergebnisse erzielt, allerdings ist hierfür im Hinblick auf möglichst gute Resultate das Durchführen von aufwendigen Vorversuchen notwendig. Beim Rollnahtschweißen kommt es zu dynamischen Schwankungen der Schweißparameter, so daß in einer Schweißnaht immer wieder mit unzureichender Qualität geschweißte Bereiche vorliegen. In ähnlicher Weise ist wegen des schnellen Verschleiß der Sonotrode eine permanente Anpassung der Schweißparameter auch beim Ultraschallpunktschweißen erforderlich.

Bei der DE 43 25 856 A1 und der DE 43 25 878 A1 ist bei Verfahren zur Bewertung von über Widerstandsschweißungen, Laserschweißen oder Gasschweißen unter Beaufschlagung mit als Sondierwellen eingekoppelten Ultraschallwellen hergestellten Schweißverbindungen vorgesehen, über die Messung der Durchlässigkeit für Scherwellen oder der Schallgeschwindigkeit insbesondere von Druckwellen die Temperatur im Bereich einer Schweißlinse mit aufgeschmolzenem Material zu messen. Neben einer Bewertung von Schweißpunkten ist eine Regelung der Schweißparameter über den Vergleich mit einem Musterverlauf vorgesehen. Mit diesen Verfahren werden zwar gute Ergebnisse bei gleichartigen über Aufschmelzen zu verbindenden Materialien erzielt, allerdings ist dadurch auch der Einsatzbereich insbesondere im Hinblick auf die Verwendung von sogenannten neuen Materialien wie Keramiken und organische Werkstoffe stark eingeschränkt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Schweißen mit Ultraschall der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß gute Schweißergebnisse bei ungleichartigen Materialien insbesondere auch ohne Aufschmelzung und ohne Vorversuche erzielt werden.

Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß eine Ultraschalldetektionseinheit vorgesehen ist, mit der aufgrund von Wechselwirkung mit der Fügenschicht modifizierte Anteile der eingekoppelten Ultraschallwellen detektierbar sind, daß ein an die Ultraschalldetektionseinheit angeschlossener Meßdatenspeicher zum Erfassen des zeitli-

chen Verlaufes des Anteils der detektierten Ultraschallwellen vorgesehen ist, daß der Meßdatenspeicher mit einer Auswerteeinheit in Verbindung steht, mit der wenigstens eine für den Schweißprozeß charakteristische Kenngröße aus dem Anteil der detektierten Ultraschallwellen bestimmbar ist und daß eine an die Auswerteeinheit und die Fügeeinrichtung angeschlossene Stelleinheit vorgesehen ist, mit der in Abhängigkeit von wenigstens einer Kenngröße Schweißparameter einstellbar sind.

Dadurch, daß eine Ultraschalldetektionseinheit vorgesehen ist, mit der Anteile von zum Durchführen des Schweißprozesses in das Schweißgut eingekoppelten Ultraschallwellen nach Wechselwirkung mit der Fügenschicht als Meßsignale erfaßbar sind und daß die detektierten Anteile der Ultraschallwellen mittels des Meßdatenspeichers und der Auswerteeinheit zum Gewinnen von für den Schweißprozeß charakteristischen Kenngrößen mit anschließender Ansteuerung der Stelleinheit weiterverarbeitet werden, lassen sich typische Schweißprozesse in Echtzeit geregelt ohne Vorversuche insbesondere auch bei nicht aufgeschmolzenen Schweißbereichen mit guten Ergebnissen durchführen.

Es ist zweckmäßig, daß ein Ultraschalldetektor der Ultraschalldetektionseinheit gegenüber der Sonotrode in ein das Schweißgut haltendes Auflagestück eingefügt ist. Weiterhin ist es vorteilhaft, daß die eingekoppelten Ultraschallwellen, die in Abhängigkeit der herangezogenen Kenngrößen Scherwellen und/oder Druckwellen sein können, sowohl eine feste Frequenz aufweisen. Dadurch ergibt sich ein verhältnismäßig geringer apparativer Aufwand.

Bei einer Weiterbildung weist die Auswerteeinheit einen Kalibrierdatenspeicher und eine Adaptationseinheit auf, wobei mit der Adaptationseinheit mittels Vergleiche von Meßdaten und Kalibrierdaten die Schweißparameter über die Stelleinheit und unmittelbar mit Überlagerung von Ausgangssignalen der Stelleinheit modifizierbar sind. Dadurch wird neben einer Regelung des Schweißprozesses eine Selbstadaptation erreicht.

Als Kenngrößen sind beispielsweise die gewichtete Summe aus der Amplitude der Grundwelle und wenigstens der Amplitude einer höheren Harmonischen, der Minimalwert dieser gewichteten Summe, der Transmissionskoeffizient, der Reflexionskoeffizient, ein aus der Leistung des Oberflächenanteiles im Verhältnis zu der Leistung des Grundwellenanteiles gebildeter Klirrfaktor oder die transmittierte Maximalamplitude vorgesehen.

Zusätzlich ist es zweckmäßig, über einen mit dem Schweißgut unmittelbar in Kontakt stehenden oder interferometrisch beziehungsweise kapazitiv arbeitenden, in einem Abstand dem Schweißgut angeordneten Körperschallaufnehmer oder einen Luftschallaufnehmer mit Einspeisen der entsprechenden Ausgangssignale in den Meßdatenspeicher weitere mittelbare Kenngrößen für die Regelung heranzuziehen.

Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die Figuren der Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 in einem Blockschaubild ein Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem auf einem Amboß aufgetragenen Schweißgut sowie einer ein einen Meßdatenspeicher sowie eine Stelleinheit angeschlossenen Auswerteeinheit und

Fig. 2 in einem Blockschaltbild den Aufbau der Auswerteeinheit des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1.

Fig. 1 zeigt in einem Blockschaubild ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, die über eine Fügeeinrichtung 1 verfügt. Die Fügeeinrichtung 1 weist einen Ultraschallgenerator 2 und einen an den Ultraschallgenerator 2 angeschlossenen Amplitudenverstärker 3 auf. Mit

dem Ultraschallgenerator 2 sind Ultraschallwellen mit fester Frequenz sowie einstellbarer Amplitude und Zeitdauer in den Amplitudenverstärker 3 einkoppelbar. Der Amplitudenverstärker 3 verjüngt sich an seinem dem Ultraschallgenerator 2 abgewandten Ende in Richtung einer Sonotrode 4 unter Modenumwandlung und Konzentration der Ultraschallenergie auf einen geringeren Querschnitt. Die Sonotrode 4 weist an ihrem dem Amplitudenverstärker 3 abgewandten Ende einen abgewinkelten Abschnitt auf, der in der Darstellung gemäß Fig. 1 auf einem ersten Verbindungsteil 5 eines Schweißgutes 6 aufliegt.

Ein mit dem ersten Verbindungsteil 5 zu verschweißendes zweites Verbindungsteil 5', das mit dem ersten Verbindungsteil 5 eine Fügenschicht 7 umschließt, ist auf einen Amboß 8 als Auflagestück aufgelegt, der an einem Träger 9 befestigt ist. An dem Träger 9 ist ein Kraftkoppler 10 vorgesehen, der den Träger 9 sowie einen den Ultraschallgenerator 2, den Amplitudenverstärker 3 sowie die Sonotrode 4 haltenden Rahmen 11 verbindet. Mit dem Kraftkoppler 10 ist die Sonotrode 4 mit einer einstellbaren Kraft auf das Schweißgut 6 aufdrückbar.

Die Vorrichtung gemäß Fig. 1 weist weiterhin einen Ultraschalldetektor 12 einer Ultraschalldetektionseinheit auf, der in dem Amboß 8 integriert und zur Detektion von nach Wechselwirkung mit der Fügenschicht 7 modifizierten Anteilen der über die Sonotrode 4 in das Schweißgut 6 eingepprägten Ultraschallwellen an das zweite Verbindungsteil 5' angekoppelt ist. Der Ultraschalldetektor 12 ist beispielsweise als kapazitiver, interferometrischer oder piezoelektrischer Aufnehmer ausgebildet.

Der Ultraschalldetektor 12 ist über einen Verstärker 13 sowie einen Analog/Digital-Wandler 14 der Ultraschalldetektionseinheit an einen Meßdatenspeicher 15 angeschlossen. Weiterhin sind an den Meßdatenspeicher 15 jeweils über einen Verstärker 13 und einen Analog/Digital-Wandler 14 ein in diesem Ausführungsbeispiel mit dem Schweißgut 6 in Kontakt stehender Körperschallaufnehmer 16 und in einem Abstand von dem Schweißgut 6 angeordneter Luftschallaufnehmer 17 angeschlossen. Mit dem Körperschallaufnehmer 16 sind niederfrequente mechanische Schwingungen als Körperschallamplituden des Schweißgutes 6 erfassbar, während der Luftschallaufnehmer 17 zur Detektion von von dem Schweißgut 6 während des Schweißprozesses generierten ebenfalls niederfrequenten Schallwellen in der Luft als Luftschallamplituden dient.

In dem Meßdatenspeicher 15 sind während des Schweißprozesses der zeitliche Verlauf des Anteils der detektierten Ultraschallwellen sowie die Körperschallamplituden sowie die Luftschallamplituden abspeicherbar. Der Meßdatenspeicher 15 ist von einer Triggereinheit 18 mit Triggersignalen beaufschlagbar, die den Beginn eines Meßzyklus einleiten. Der Meßdatenspeicher 15 ist an eine Auswerteeinheit 19 angeschlossen, mit der in einer weiter unten näher erläuterten Weise die in dem Meßdatenspeicher 15 abgelegten Meßdaten weiterverarbeitet sind.

Sowohl die Triggereinheit 18 als auch die Auswerteeinheit 19 sind an eine Stelleinheit 20 angeschlossen, mit der in Abhängigkeit der Ausgangssignale der Auswerteeinheit 19 die Dauer sowie die Amplitude der von dem Ultraschallgenerator 2 erzeugten Ultraschallwellen sowie die durch den Kraftkoppler 10 von der Sonotrode 4 auf das erste Verbindungsteil 5 ausgeübte Kraft und im Fall einer Rollnahtschweißung der Vorschub einstellbar ist. Weiterhin ist die Auswerteeinheit 19 mit einem weiteren Ausgang unter Umgehung der Stelleinheit 20 unmittelbar an den Ultraschallgenerator 2 sowie den Kraftkoppler 10 angeschlossen.

Fig. 2 zeigt in einem Blockschaltbild den prinzipiellen Aufbau der Auswerteeinheit 19 gemäß Fig. 1. Die Aus-

werteeinheit 19 weist einen Istwertespeicher 21 und ein Adaptationsglied 22 auf, die an den Meßdatenspeicher 15 angeschlossen sind. Das Adaptationsglied 22 ist an einen Kalibrierdatenspeicher 23 angeschlossen und übergibt Ausgangsdaten zum einen an einen Sollwertespeicher 24 und zum anderen unter Umgehung der Stelleinheit 20 unmittelbar an den Ultraschallgenerator 2 sowie den Kraftkoppler 10. Der Istwertespeicher 21 und der Sollwertespeicher 24 sind mit ihren Ausgängen an einen Komparator 25 angeschlossen, dessen Ausgangssignale der Stelleinheit 20 einspeisbar sind.

Mit der Auswerteeinheit 19 sind für den Schweißprozeß charakteristische Kenngrößen aus dem Anteil der detektierten Ultraschallwellen bestimmbar. Bevorzugte Kenngrößen sind die gewichtete Summe aus der Amplitude der Grundwelle und wenigstens der Amplitude einer höheren Harmonischen der detektierten Ultraschallwellen als sogenannte primäre Kenngrößen, als daraus abgeleitete sogenannte sekundäre Kenngrößen der Minimalwert der vorgenannten gewichteten Summe, der Transmissionskoeffizient und/oder bei entsprechender Anordnung des Ultraschalldetektors 12 der Reflexionskoeffizient der oder jeder Fügenschicht 7 als sogenannte primäre Kenngröße, ein aus der Leistung des Oberwellenanteiles im Verhältnis zu der Leistung des Grundwellenanteiles gebildeter Klirrfaktor als primäre Kenngröße oder die Maximalamplitude der Ultraschallwellen nach Wechselwirkung mit der Fügenschicht 7 als primäre Kenngröße.

Als weitere Kenngrößen sind die Zeitverläufe der Körperschallamplituden und/oder der Luftschallamplituden vorgehen.

In Weiterbildungen sind weitere Kenngrößen durch die Frequenzanalyse der Zeitverläufe einer oder mehrerer der oben genannten Kenngrößen gebildet.

Die Kenngrößen sind als Istwerte dem Istwertespeicher 21 sowie dem Adaptationsglied 22 zugeführt. In dem Adaptationsglied 22 werden die während des Schweißprozesses erfaßten Kenngrößen mit in dem Kalibrierdatenspeicher 23 abgelegten Kalibriergrößen verglichen. Das Adaptationsglied 22 gibt zum einen aus den Kenngrößen und den Kalibriergrößen berechnete Sollwerte an den Sollwertespeicher 24 weiter, wobei aus dem Vergleich der Istwerte mit den Sollwerten durch den Komparator 25 der Abweichung von den Istwerten zu den Sollwerten zugeordnete Stellsignale an die Stelleinheit 20 ausgegeben sind. Von der Stelleinheit 20 generierte Nachführsignale werden Adaptationssignalen aus der Adaptationseinheit 20 vor Beaufschlagen des Ultraschallgenerators 2 und des Kraftkopplers 10 überlagert, so daß neben einer Regelung des Schweißprozesses auch ein von der Regelung beeinflusster Lernvorgang erfolgt.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Schweißen mit Ultraschall mit einer Fügeeinrichtung, die über einen Ultraschallgenerator (2) und eine an den Ultraschallgenerator (2) angeschlossene Sonotrode (4) verfügt, mit der unter Einwirkung einer durch einen Kraftkoppler (10) erzeugte Anpreßkraft zum Herbeiführen eines unmittelbaren Stoffschlusses zwischen zu verbindenden Teilen (5, 5') eines Schweißgutes (6) in wenigstens einer Fügenschicht (7) Ultraschallwellen mit einstellbaren Schweißparametern in eines der Teile (5, 5') einkoppelbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Ultraschalldetektionseinheit (12, 13, 14) vorgesehen ist, mit der aufgrund von Wechselwirkung mit der oder jeder Fügenschicht (7) modifizierte Anteile der eingekoppelten Ultraschallwellen detektierbar sind, daß ein an die Ultra-

schalldetektionseinheit (12, 13, 14) angeschlossener Meßdatenspeicher (15) zum Erfassen des zeitlichen Verlaufes des Anteils der detektierten Ultraschallwellen vorgesehen ist, daß der Meßdatenspeicher (15) mit einer Auswerteeinheit (19) in Verbindung steht, mit der wenigstens eine für den Schweißprozeß charakteristische Kenngröße aus dem Anteil der detektierten Ultraschallwellen bestimmbar ist und daß eine an die Auswerteeinheit (19) und die Fügeeinrichtung (1) angeschlossene Stelleinheit (20) vorgesehen ist, mit der in Abhängigkeit von wenigstens einer Kenngröße Schweißparameter einstellbar sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ultraschalldetektor (12) der Ultraschalldetektionseinheit gegenüber der Sonotrode (4) in ein das Schweißgut (6) haltendes Auflagestück (8) eingefügt ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die eingekoppelten Ultraschallwellen eine feste Frequenz aufweisen.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kalibrierdatenspeicher (23) und eine Adaptationseinheit (22) vorgesehen sind, mit denen mittels Vergleich von Kenngrößen und Kalibrierdaten Schweißparameter beeinflussbar sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine primäre Kenngröße durch eine gewichtete Summe aus der Amplitude der Grundwelle und wenigstens der Amplitude einer höheren Harmonischen der detektierten Ultraschallwellen gebildet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine sekundäre Kenngröße durch den Minimalwert der gewichteten Summe gebildet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine primäre Kenngröße durch den Transmissionskoeffizienten der Fügenschicht (7) gebildet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine primäre Kenngröße durch den Reflexionskoeffizienten der Fügenschicht (7) gebildet ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine primäre Kenngröße ein aus der Leistung des Oberwellenanteiles in Verhältnis zu der Leistung des Grundwellenanteiles der detektierten Ultraschallwellen gebildeter Klirrfaktor ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kenngröße durch die Maximalamplitude der detektierten Ultraschallwellen gebildet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß an ein den Meßdatenspeicher (15) angeschlossener und mit dem Schweißgut (6) wechselwirkender Körperschallaufnehmer (16) vorgesehen und eine primäre Kenngröße eine von dem Schweißgut (6) abgegebene Körperschallamplitude ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein an den Meßdatenspeicher (15) angeschlossener und im Abstand von dem Schweißgut (6) angeordneter Luftschallaufnehmer (17) vorgesehen und eine primäre Kenngröße eine von dem Schweißgut (6) abgegebene Luftschallamplitude ist.

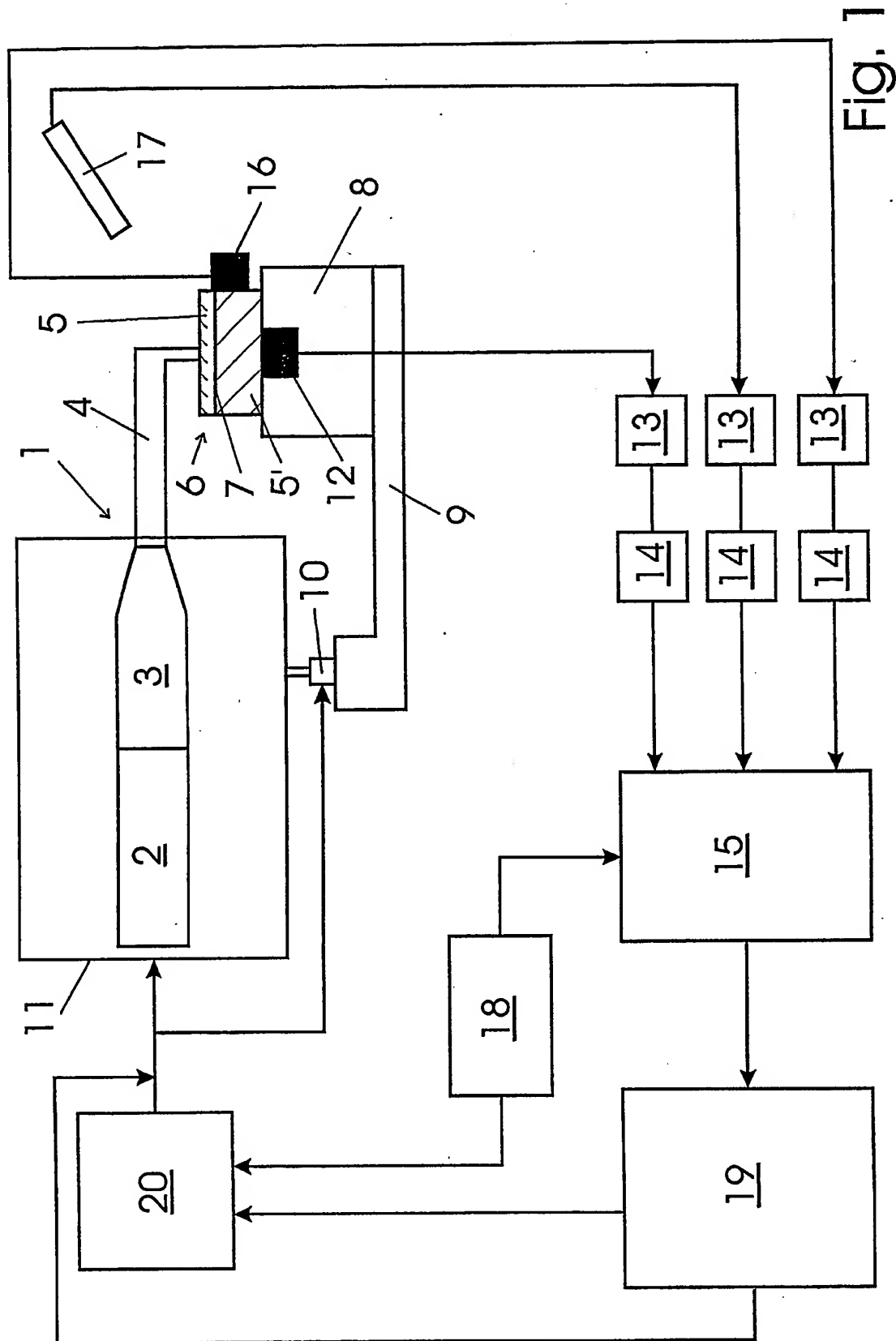
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5 oder 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine sekundäre Kenngröße durch eine Frequenzanalyse einer pri-

mären Kenngröße gebildet ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---



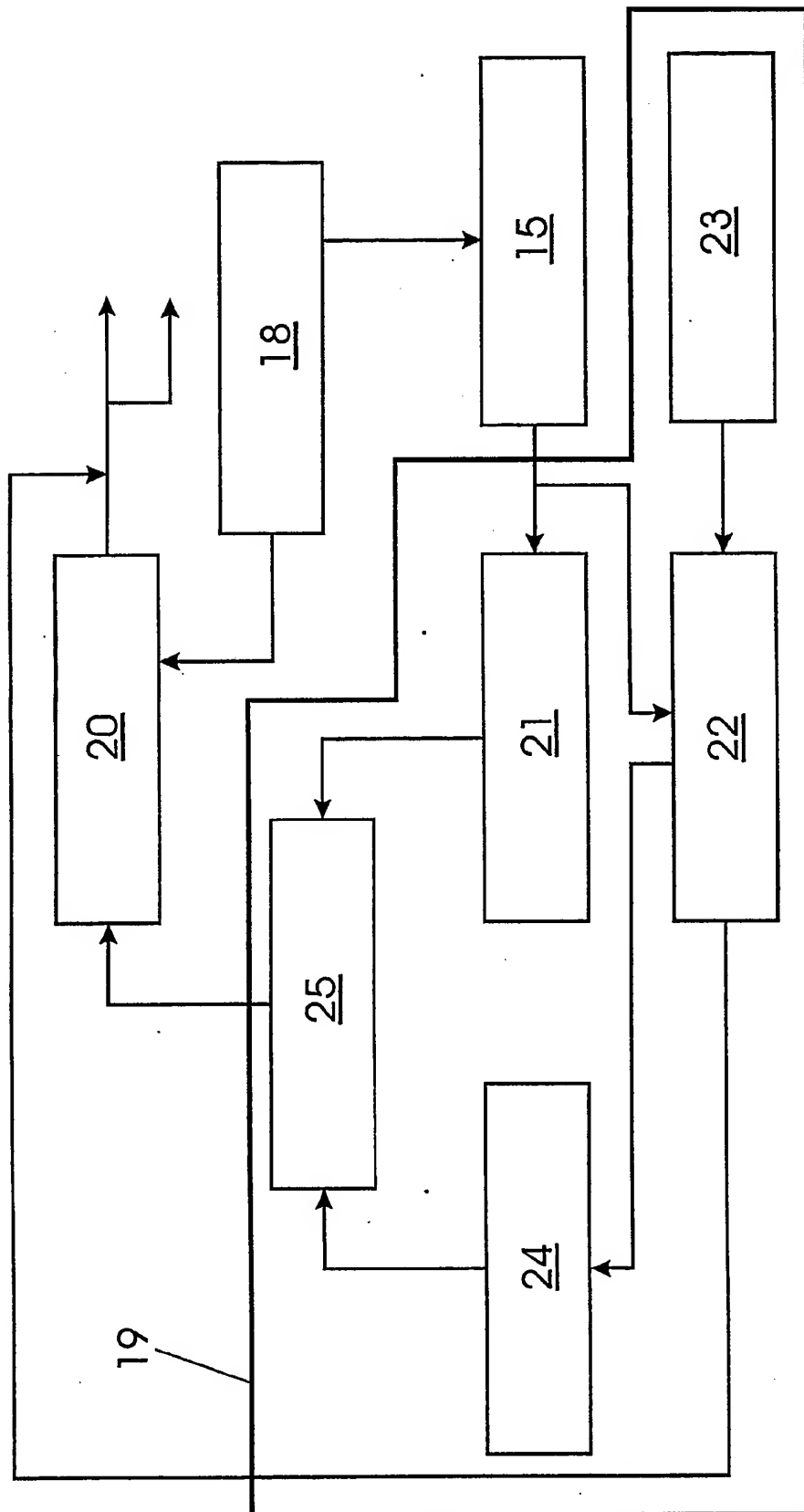


Fig. 2